

## **Коммунальное хозяйство городов**

---

8.Другов Ю.С., Родин А.А. Экологические анализы при разливе нефти и нефтепродуктов. – СПб.: Анатолия, 2000. – 250 с.

9.Коршак А.А. Ресурсосберегающие методы и технологии при транспортировке и хранении нефти и нефтепродуктов. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2006. – 192 с.

10.Канализация населенных мест и промышленных предприятий. – 2-е изд. перераб. и доп. / Н.И.Лихачев, И.И.Ларин, С.А.Хаскин и др.; Под общ. ред. В.И.Самохина. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.

*Отримано 03.05.2010*

УДК 504.4.054

О.А.ПРОСКУРНИН, канд. техн. наук

*УкрНИИЭП, г.Харьков*

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ДОСТИЖИМОГО РЕЗУЛЬТАТА РАСЧЕТА ДОПУСТИМОГО СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ**

Нормирование содержания загрязняющих веществ в сточных водах, поступающих в водотоки, рассматривается как оптимизационная задача. Анализируется проблема обеспечения технологически достижимого результата расчета. Сформулирована оптимизационная задача для одного контрольного створа.

Нормування вмісту забруднюючих речовин у стічних водах, що надходять до водотоку, розглядається як оптимізаційна задача. Аналізується проблема отримання результату розрахунку, що може бути технологічно досягненим. Сформульовано оптимізаційну задачу для одного контрольного створу.

Normalization of the contents of pollutants in wastewater which incoming in water-currents discharges as optimization task. Problem of provision technologically attainable result of the calculation is considered. Optimization problem for one checking point is worded.

*Ключевые слова:* нормирование, загрязняющее вещество, сточные воды, оптимизация.

С целью защиты водных объектов (ВО) от техногенного загрязнения [1] для предприятий-водопользователей разрабатываются предельно допустимые сбросы (ПДС) загрязняющих веществ, поступающих в ВО со сточными водами (СВ). Базовый подход к расчету ПДС, заложенный в "Инструкции по разработке и утверждению ПДС..." [2, прилож. 1, п.1.2.4], основан на равномерном использовании ассимилирующей способности ВО между водопользователями. В этом случае расчет проводится отдельно по каждому загрязняющему веществу с учетом интенсивности процессов самоочищения ВО, а также с учетом присущих данному ВО природных (без антропогенного влияния) фоновых концентраций рассматриваемых веществ (под загрязняющим веществом в данной работе подразумеваются также интегральные показатели качества воды, такие как БПК, ХПК и т.п.).

Однако базовый подход не учитывает возможное химическое пре-

вращение (трансформацию) в воде ВО одного вещества в другое загрязняющее вещество, а также не обеспечивает технологически достижимый результат расчета. Последнее объясняется тем, что не принимается во внимание стохастическая зависимость концентраций различных веществ после очистки на одних очистных сооружениях (ОС).

Целью данной работы является поиск возможности получения технологически достижимого результата расчета ПДС.

Одно из направлений решения данной проблемы заложено в п. 1.2.5 «Инструкции...» [2, прилож. 1], согласно которому расчет ПДС может рассматриваться как оптимизационная задача, минимизирующая затраты на очистку СВ со стороны всех водопользователей. В этом случае расчет качества воды ВО осуществляется одновременно по всем рассматриваемым веществам с помощью матричной модели

$$C(t) = A(t) \cdot C_0,$$

где  $C_0$ ,  $C(t)$  – векторы концентраций веществ соответственно в начальный момент и в момент времени  $t$ ;  $A(t)$  – матрица трансформации.

Оптимизационными переменными в задаче являются доли расхода СВ, проходящих по различным технологическим маршрутам их очистки, а ограничения определяются требованием достижения нормативов качества воды ВО в контрольных створах (КС). Концентрация вещества на выходе из очистных сооружений (ОС) в этом случае равна

$$C = \sum_{r=1}^R c_r x_r,$$

где  $c_r$  – концентрация вещества в СВ после прохождения технологического маршрута  $r$ ;  $x_r$  – доля СВ, проходящей по маршруту  $r$ ;  $R$  – количество технологических маршрутов.

Таким образом, результат расчета будет заведомо технологически достижимым, поскольку он сводится лишь к управлению реально существующими ОС. Однако данный подход не применим к решению практических задач по ряду причин, основные из которых следующие:

- используемая матричная модель качества воды ВО не учитывает влияния природных фоновых концентраций веществ;
- в «Инструкции...» [2] не рассматривается случай отсутствия оптимального решения, а также случай неполного разбавления СВ в воде ВО;
- принятый критерий оптимизации не учитывает интересы отдельных собственников и потому не отвечает условиям рыночной экономики;

- постановка оптимизационной задачи входит в противоречие с п. 2.12 «Инструкции...» [2], согласно которому назначаемая допустимая концентрация вещества ограничена фактической концентрацией и ПДК;
- имеет место жесткая привязанность результата расчета к фактическому состоянию системы очистки на предприятиях-водопользователях.

Последний из приведенных недостатков означает следующую проблему: если ОС предприятия малоэффективны, то отсутствует алгоритмический механизм назначения более жестких требований к составу СВ и тем самым принуждения предприятия к усовершенствованию систем очистки. Таким образом, технологическая достижимость результата расчета является как достоинством метода так и его недостатком.

Другой вариант оптимизационной задачи для расчета ПДС приведен в работах [3, 4]. Оптимизационными переменными в этом случае являются концентрации загрязняющих веществ на выходе из ОС, а критерий оптимизации – суммарная техногенная нагрузка на ВО. Однако проблема получения технологически достижимого результата в этом случае остается нерешенной, т.к. результат расчета предполагает отличный от проектного режим работы ОС.

Таким образом, решение проблемы видится в комбинации обоих подходов. Для этого все предприятия на рассматриваемом участке бассейна необходимо разбить на две группы исходя из фактического состояния ОС. В первую группу включаются предприятия, имеющие современные средства очистки воды, во вторую – предприятия, на которых необходимо провести реконструкцию ОС. В качестве критерия оптимизации целесообразно взять общую массу сбрасываемых веществ, поскольку данный критерий согласуется с основным принципом установления ПДС как «показателя максимально допустимого в единицу времени количества отводимого вещества с возвратными водами...» [2, п.1.9]. Оптимизационными переменными будут: для предприятий первой группы – доли расхода СВ, проходящих по различным технологическим маршрутам очистки, для второй группы – концентрации веществ на выходе из ОС. Ограничения в задаче определяются требованием непревышения предельно допустимой концентрации (ПДК) в КС, а для показателей загрязнения, нормируемых по лимитирующим признакам вредности (ЛПВ), – непревышением единицы суммы приведенных к ПДК концентраций веществ в КС.

Формально комбинированная оптимизационная задача для одного КС имеет следующий вид.

Функция цели:

$$Z = \sum_{i=1}^{M_1+M_2} q^i \sum_{k=1}^N \mu_k^i C_k^i \rightarrow \max ,$$

где  $M_1$  и  $M_2$  – количество выпусков соответственно 1-й и 2-й группы;  $i$  – индекс выпуска СВ;  $k$  – индекс загрязняющего вещества;  $\mu$  – весовой коэффициент, характеризующий "значимость" вещества  $k$  для выпуска  $i$ .

Система ограничений с учетом влияния фонового створа (ФС), расположенного выше по течению выпусков СВ, следующая:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{k \in L_j} \frac{\sum_{i=1}^{M_1+M_2} q^i \left[ \sum_{j=1}^k a_{ij}^i C_j^i + C_{qj} (1 - \exp(-n_k t^i)) \right] + q^\phi \left[ \sum_{j=1}^k a_{ij}^\phi C_j^\phi + C_{qj} (1 - \exp(-n_k t^\phi)) \right]}{C_{ПДК,k} \cdot Q} \leq 1, \\ j = 1 \div J; \\ \sum_{r=1}^R x_{ir} = 1, \quad i = 1 \div M_1; \\ A_k^i \leq C_k^i \leq B_k^i, \quad k = 1 \div n, i = 1 \div M_2, \end{array} \right.$$

где  $L_j$  – множество индексов веществ, входящих в  $j$ -ю группу ЛПВ;  $\phi$  – ФС;  $C$  – концентрация вещества на выходе из ОС (либо в ФС);  $\{a_{ij}\}$  – элементы матрицы трансформации;  $A, B$  – соответственно нижняя и верхняя границы искомых выходных концентраций.

Общее количество переменных при этом составляет

$$\sum_{i=1}^{M_1} R_i + M_2 \cdot n .$$

В качестве величины  $B$  (верхней границы искомых концентраций), согласно п. 2.12 [2], следует брать фактические концентрации веществ (средние за последний календарный год с вычетом наибольшего и наименьших значений). В то же время указанный пункт позволяет назначать допустимые концентрации выше фактических для веществ, содержание которых в СВ увеличивается в процессе очистки. Поэтому в качестве величины  $B$  могут назначаться более высокие значения, определяемые техническими параметрами ОС.

Более проблематичным является выбор величины  $A$  (нижней границы). Согласно п.2.12 [2], для веществ, не нормируемых по ЛПВ, в качестве нижней границы искомых концентраций принимается ПДК (исключая случай, когда фактическая концентрация изначально меньше ПДК), однако технологически это не всегда достижимо. А для веществ, которые нормируются по ЛПВ, нижняя допустимая граница

вовсе не оговорена, что можно считать методической недоработкой. Поэтому вопрос выбора нижней границы искомых допустимых концентраций в общем случае остается открытым. Кроме того, принцип деления предприятий на группы по приемлемости систем очистки СВ также требует дополнительного анализа.

Однако в целом можно сделать вывод, что сформулированная в настоящей статье оптимизационная задача для расчета ПДС позволяет учитывать трансформацию загрязняющих веществ в воде ВО и обеспечивает технологически достижимый результат расчета.

Следует заметить, что практическая реализация оптимизационного подхода требует также в качестве отдельной задачи оценку количественных характеристик процессов трансформации. Наиболее подходящим способом решения этой задачи видится использование статистических методов. При этом возможно как непосредственное применение регрессионного анализа, так и использование нестатистических математических моделей, параметры которых могут оцениваться методами математической статистики [5].

Направлением дальнейших исследований в данной области является рассмотрение случая неполного разбавления СВ в ВО и постановка оптимизационной задачи для нескольких КС.

1.Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами: Закон України №465 від 25.03.99 / <http://zakon.rada.gov.ua>.

2.Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами: Затв. Мінприроди України 15.12.94. – Харків: УкрНЦОВ, 1994. – 79 с.

3.Проскурнин О.А., Муравьев А.В. Расчет предельно допустимых сбросов взаимно трансформирующихся веществ, поступающих в водный объект со сточными водами // Сб. науч. тр. Междунар. конф. "Экологическая и техногенная безопасность". – Харьков: ООО "Знание, ЛТД", 2000. – С.272-277.

4.Проскурнин О.А. Нормирование поступления взаимно трансформирующихся веществ в водный объект со сточными водами // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2008. – №46. – С.189-195.

5.Василенко С.Л. Статистические модели последовательной трансформации веществ в водотоках с непрерывными источниками вдоль потока // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: Зб. наук. пр. УкрНДІЕП – Харків: ВД "Райдер", 2004. – С.54-66.

*Получено 09.04.2010*